

*Pemodelan Banjir Sungai di Daerah Aliran Sungai Balong, Jepara, Jawa Tengah*  
(Sunarko, Heni Susiati, Hadi Suntoko)

## PEMODELAN BANJIR SUNGAI DI DAERAH ALIRAN SUNGAI BALONG, JEPARA, JAWA TENGAH

**Sunarko, Heni Susiati, dan Hadi Suntoko**

Pusat Pengembangan Energi Nuklir (PPEN) – BATAN  
Jalan Kuningan Barat, Mampang Prapatan, Jakarta Selatan 12710  
Telp/Fax: (021) 5204243 Email: [sunarko@batan.go.id](mailto:sunarko@batan.go.id)

Masuk: 10 Mei 2011

Direvisi: 24 Juni 2011

Diterima: 20 September 2011

### ABSTRAK

**PEMODELAN BANJIR SUNGAI DI DAERAH ALIRAN SUNGAI BALONG, JEPARA, JAWA TENGAH.** Pemodelan untuk mengkaji potensi banjir sungai Balong terhadap daerah tapak PLTN Ujung Lemahabang telah dilakukan. Curah hujan maksimum untuk periode ulang 50, 100, 200, dan 500 tahun berdasarkan data curah hujan di daerah Kecamatan Keling dipergunakan sebagai data input. Peta daerah aliran sungai (DAS) dipergunakan untuk menentukan daerah tangkapan dan tutupan lahan serta koefisien limpahan. Pemodelan untuk aliran mode tunak dilakukan dan didapatkan hasil bahwa daerah genangan disekitar Sungai Balong terletak pada jarak lebih dari 1 kilometer dari tapak dengan kedalaman genangan maksimum kurang dari 1 meter untuk curah hujan maksimum dengan periode ulang 500 tahun. Potensi banjir di tapak Ujung Lemahabang dari sungai Balong sangat kecil dan tidak diperlukan struktur pencegah banjir sungai.

**Kata kunci:** Pemodelan, banjir, tapak PLTN

### ABSTRACT

**RIVER FLOOD MODELLING IN THE BASIN OF BALONG RIVER, JEPARA, CENTRAL JAVA.** Modelling to assess river flooding potential of Balong River to the Ujung Lemahabang NPP site has been conducted. Maximum rainfall for return periods of 50, 100, 200 and 500 years based on rainfall data in Keling district is used as the input. River basin map is used to determine catchment area, land cover, and runoff coefficient. Modelling is executed for steady-state flow and it is found that the nearest inundation area is found in a distance of more than 1 km from the NPP site with maximum depth of less than 1 meter for maximum rainfall of 500 years return period. It is concluded that the potential for river flooding from Balong river in Ujung Lemahabang is very small and no flood control structure is necessary to protect the site from river flooding.

**Keyword:** Modelling, flooding, NPP site

## 1. PENDAHULUAN

Pengoperasian PLTN memerlukan persiapan dan langkah-langkah yang matang dari perencanaan awal hingga implementasi proyek (manufakturing, konstruksi, komisioning). Implementasi proyek yang perlu disiapkan meliputi berbagai dokumen yang relevan untuk perizinan, seperti SER (*Site Evaluation Report*) untuk izin tapak, PSAR (*Preliminary Safety Analysis Report*) dan AMDAL untuk izin konstruksi, serta FSAR (*Final Safety Analysis Report*) untuk izin komisioning, dan operasi. Dalam kajian tapak, jaminan keamanan terhadap calon tapak harus memenuhi kriteria keselamatan yang telah ditetapkan oleh *International Atomic Energy Agency* (IAEA) terutama dalam evaluasi tapak PLTN, antara lain banjir sungai pada wilayah tapak yang meliputi Daerah Aliran Sungai (DAS).

Analisis Keselamatan banjir sungai yang diprioritaskan di sekitar calon tapak PLTN, di sebelah Utara Muria,  $\pm 2$  (dua) km atau sebelah Barat calon tapak Ujung Lemahabang dengan perhitungan nilai desain basis yang didasarkan pada parameter meteorologi. Calon tapak PLTN Ujung Lemahabang berdekatan dengan Sungai Balong yang terletak sekitar 2 kilometer di sebelah barat. Sungai Balong merupakan sungai utama dan terbesar di DAS ini, sehingga potensi bahaya banjir-nya terhadap tapak harus dikaji.

Apabila daerah calon tapak PLTN diketahui berpotensi terdampak banjir, maka harus ditentukan apakah dapat ditemukan suatu solusi teknik sehingga daerah tersebut dapat terhindar dari banjir sungai. Meskipun potensi banjir sungai bukan merupakan faktor penolak (*exclusion factor*), namunantisipasi terhadap potensinya dapat membawa konsekuensi terhadap biaya pembangunan PLTN itu sendiri, misalnya dengan disyaratkannya pembangunan struktur pengendali banjir. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji fenomena banjir melalui kajian karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS) di Sungai Balong, Kecamatan Kembang, Kabupaten Jepara.

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Lokasi Penelitian

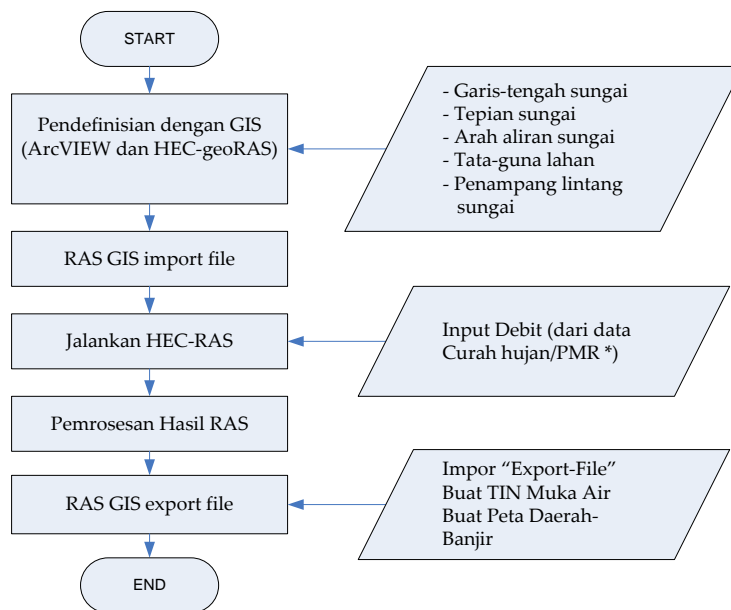
Lokasi penelitian dikonsentrasikan di dekat calon tapak PLTN Ujung Lemahabang, dengan menggunakan daerah aliran sungai (DAS) Balong yang memiliki cabang pada km 12 dari pantai membentuk sistem paralel atau sejajar. Sungai Balong membujur dengan arah Barat laut Tenggara yang memiliki panjang  $\pm 23$  km.

Pemodelan banjir sungai memerlukan beberapa parameter input penting, yaitu: (1) model 3-dimensi dari sungai yang dimodelkan dan (2) debit air limpasan ke sungai akibat curah hujan maksimum yang terjadi di daerah tangkapan (Daerah Aliran Sungai – DAS). Alur proses simulasi banjir sungai diberikan dalam Gambar 1.

### 2.2. Model Sungai 3-Dimensi

Pembuatan model dilakukan menggunakan program ArcView versi 3.3 dan HEC-geoRAS versi 3.1. Simulasi banjir sungai dilakukan menggunakan program HEC-RAS 4.0 dengan menggunakan input dari file yang dihasilkan oleh ArcVIEW dan HEC-geoRAS. Data dasar berupa *shapefile* (.shp) diperoleh dari peta rupabumi Bakosurtanal skala 1:50.000, yaitu meliputi peta TIN (*Triangulated Irregular Network*) dan alur sungai Balong. Peta turunan berupa jalur tengah, kiri dan kanan sungai, arah aliran sungai, dan garis penampang lintang berdasarkan 33 titik survey kemudian dibuat menggunakan ekstensi HEC-geoRAS dalam ArcVIEW versi 3.3. TIN digunakan untuk menentukan titik tinggi sepanjang alur sungai sedangkan gabungan antara titik survei dan garis penampang lintang serta foto lokasi dipergunakan untuk membuat penampang lintang sungai. Hal tersebut harus dilakukan karena data DEM dengan resolusi tinggi tidak tersedia untuk lokasi daerah penelitian. Penampang sungai 3-dimensi dibuat lebih detail dengan interpolasi spasial terhadap dua

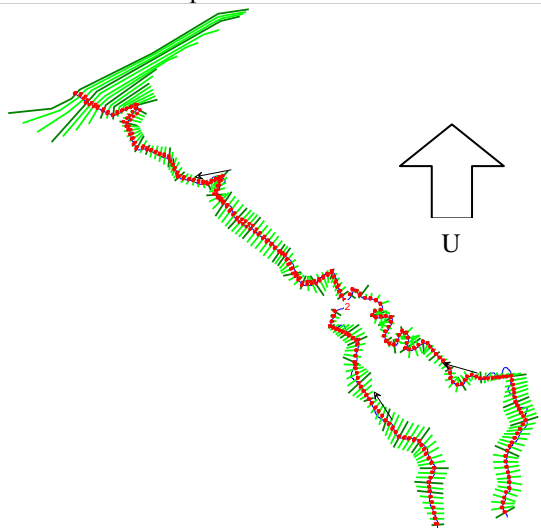
titik survei yang telah dibuat penampangnya. Melalui ekstensi HEC-geoRAS, dibuat file input yang selanjutnya akan dipergunakan oleh program HEC-RAS dalam simulasi mode tunak (*steady-state*). Geometri model sungai dalam 2-dimensi diberikan dalam Gambar 2.



**Gambar 1. Alur Proses Pemodelan**

### 2.3. Perhitungan debit akibat curah hujan maksimum

Data curah hujan maksimum untuk daerah penelitian di sekitar Ujung Lemahabang untuk periode-ulang 50 tahunan tercantum pada Tabel 1.



**Gambar 2. Geometri Model Sungai Balong**

Pada perhitungan curah hujan maksimum dipergunakan dua metode, yaitu metode statistik dan metode yang dikemukakan oleh Wilks<sup>[1]</sup>. Melalui parameter yang telah dihasilkan dalam penelitian sebelumnya<sup>[2]</sup> kemudian dilakukan perhitungan ulang menggunakan persamaan (1) untuk periode ulang 100, 200, dan 500 tahun diperoleh hasil seperti tercantum dalam Tabel 2.

**Tabel 1. Curah Hujan Maksimum 24-jam dengan Periode Ulang 50 tahun<sup>[1]</sup>**

Daerah	Dihitung dengan metoda <i>Wilks</i> (milimeter/hari)	Statistik (milimeter/hari)
Bangsri	269	262
Beji	286	276
Jatisari	198	190
Keling	240	320
Jepara	246	244

**Tabel 2. Intensitas Curah Hujan Maksimum 24-jam dengan Periode Ulang 100, 200, dan 500 Tahun untuk Stasiun Keling**

Periode Ulang	R24 (mm)	I (mm/jam)			Laju Limpasan (m3/detik)		
		I-1	I-2	I-3	Qp1	Qp2	Qp3
50	269.36	62.31	74.23	54.77	167.73	100.40	55.46
100	292.40	67.65	80.58	59.45	182.08	108.98	60.20
200	318.00	73.57	87.64	64.66	198.02	118.53	65.47
500	355.01	82.13	97.84	72.18	221.06	132.32	73.09

Keterangan: R24: curah hujan 24-jam, I: intensitas hujan; Qp: laju limpasan

Intensitas curah hujan dihitung menggunakan perumusan *Mononobe*:

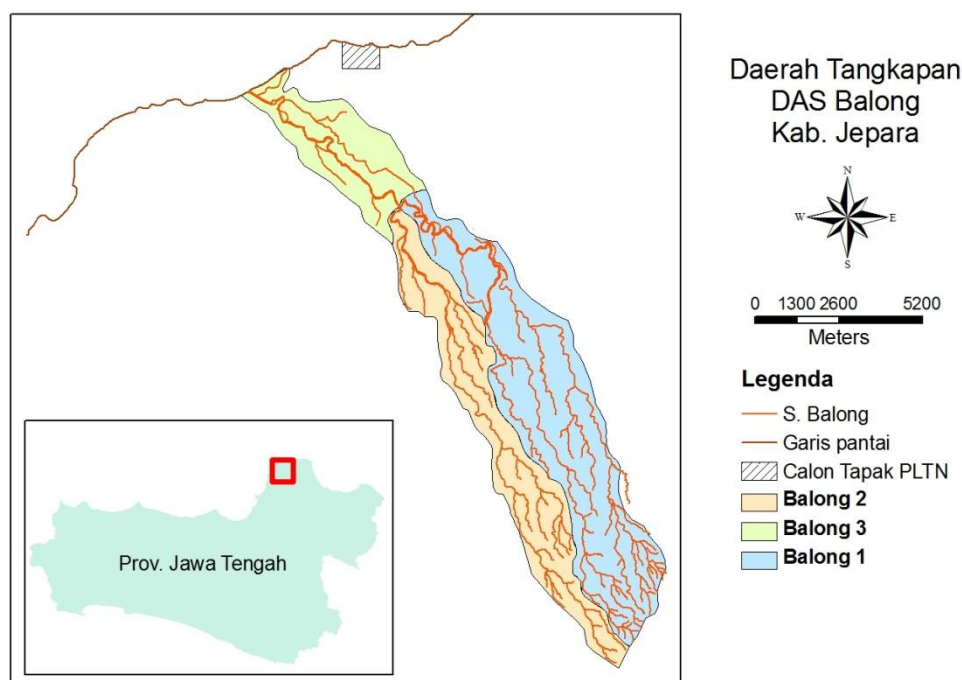
$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \dots \dots \dots (1)$$

dimana :

$I$  = intensitas hujan (mm/jam)

$t$  = lamanya hujan (jam)

$R_{24}$  = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

**Gambar 3. Pembagian Daerah tangkapan**

Dalam pemodelan, Sungai Balong dibagi menjadi 3 segmen yaitu Balong 1, 2, dan 3 (Gambar 3). Selanjutnya untuk masing-masing segmen ditentukan daerah tangkapannya melalui peta arah aliran air. Luasan daerah tangkapan dan koefisien limpasan komposit untuk masing-masing segmen kemudian dapat dihitung menggunakan data peta tata-guna lahan dan tabel koefisien limpasan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6 dengan hasil seperti diberikan Tabel 7. Koefisien limpasan komposit dan curah hujan selanjutnya digunakan sebagai masukan dalam program HEC-RAS.

**Tabel 3. Luasan Daerah Tangkapan**

<b>Balong 1</b>	<b>Area (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Persentase</b>
Hutan tanaman	8,408,430	27.2%
Hutan lahan kering sekunder	2,129,220	6.9%
Sawah	456,986	1.5%
Pertanian Lahan Kering + Sema	19,881,845	64.4%
<b>Total</b>	<b>30,876,481</b>	<b>100.0%</b>
<b>Balong 2</b>	<b>Area (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Persentase</b>
Hutan tanaman	5,568,814	29.4%
Hutan lahan kering sekunder	2,319,530	12.2%
Pertanian Lahan Kering + Sema	11,057,400	58.4%
<b>Total</b>	<b>18,945,744</b>	<b>100.0%</b>
<b>Balong 3</b>	<b>Area (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Persentase</b>
Hutan tanaman	4,729,150	43.3%
Sawah	6,198,301	56.7%
<b>Total</b>	<b>10,927,451</b>	<b>100.0%</b>

Dalam daerah aliran sungai hanya terdapat satu stasiun pengamatan curah hujan saja yaitu stasiun Bangsri sehingga curah hujan maksimum dari stasiun ini akan dipergunakan dalam perhitungan debit. Dengan demikian, besaran curah hujan maksimum pada DAS dianggap sebanding dengan jumlah besaran hujan maksimum pada stasiun Keling. Waktu lamanya hujan  $t$  akan ditentukan secara empirik sehingga  $t=T_c$  (waktu konsentrasi) pada pembahasan tentang laju limpasan puncak. Perhitungan  $T_c$  diberikan pada persamaan (3).

Pada saat air yang memasuki suatu daerah melebihi kapasitas transmisi atau penyaluran oleh jalan air yang ada maka akan terjadi banjir. *Runoff* atau volume limpasan diperlukan untuk berbagai kajian lanjutan seperti kuantifikasi volume dan laju air yang dapat ditangani oleh fasilitas pengendali banjir, memprediksi erosi tanah dan transport dari polutan di permukaan dan untuk mengidentifikasi daerah sumber polusi.

Laju limpasan puncak (*peak discharge*) adalah volume aliran maksimum yang melewati suatu lokasi pada kejadian hujan tertentu. Laju limpasan puncak memiliki satuan volum/waktu (m<sup>3</sup>/detik). Terdapat beberapa pendekatan untuk menentukan laju limpasan puncak di suatu daerah yang dapat digolongkan kedalam dua jenis model, yaitu model yang terkalibrasi dan yang tak-terkalibrasi. Model yang terkalibrasi melibatkan analisis data *piezometer* sungai. Model tak terkalibrasi yang banyak digunakan disebut Metode Rasional (MR). Secara matematis, metode rasional menggambarkan hubungan antara limpasan puncak ( $q$ , m<sup>3</sup>/ detik) dengan daerah tangkapan ( $A$ , ha), intensitas curah hujan ( $I$ , mm/jam) dan koefisien runoff ( $C$ ):

$$q = 0.0028 \times C \times I \times A \dots\dots\dots(2)$$

dimana :

$q$  = laju limpasan puncak ( $m^3/detik$ )

$C$  = koefisien limpasan

$I$  = intensitas curah hujan (mm/jam) untuk periode ulang tertentu dengan durasi sebesar "waktu konsentrasi" daerah tangkapan

untuk menggunakan MR digunakan asumsi-asumsi: intensitas curah hujan seragam dalam daerah yang dipelajari dan durasi hujan sama atau lebih besar dari waktu konsentrasi daerah tangkapan. Metode ini akan dipergunakan dalam perhitungan laju limpasan puncak dalam tulisan ini karena data *piezometer* sungai untuk sepanjang DAS tidak tersedia.

Waktu konsentrasi ( $T_c$ ) adalah waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir dari jarak yang paling jauh ke daerah *outlet* setelah tanah disekitarnya menjadi tersaturasi dan cekungan-cekungan minor terisi. Diasumsikan bahwa ketika durasi dari hujan sama dengan waktu konsentrasi, semua bagian dari daerah tangkapan berkontribusi secara simultan terhadap aliran dibagian *outlet*. Waktu konsentrasi dapat dihitung menggunakan formula *Kirpich* sebagai berikut:

$$T_c = 0.0195 L^{0.77} S^{-0.385} \dots\dots\dots(3)$$

dimana:

$T_c$  = waktu konsentrasi (menit)

$L$  = panjang aliran maksimum (meter)

$S$  = kemiringan daerah tangkapan dalam m/m atau perbedaan tinggi antara outlet dan daerah terjauh dibagi panjang  $L$

Koefisien limpasan (*runoff*) yang digunakan dalam MR diberikan untuk berbagai kondisi tanah (kelompok tanah / *Soil Group*). Kelompok Tanah Hidrologi (*Hydrologic Soil Group*) dibagi 4 (empat) seperti diberikan dalam Tabel 4.

Secara umum, tanah didaerah Semenanjung Muria dianggap berada dalam Kelompok B, yaitu tanah dengan laju infiltrasi sedang pada keadaan tersaturasi dengan kedalaman sedang hingga dalam, cukup kering hingga kering dengan tekstur agak lembut hingga cukup kasar. Tanah jenis ini memiliki laju transmisi air sedang (0.15-0.3 in/jam). Dengan demikian, koefisien limpasan dengan klasifikasi "C" akan diambil dari tanah jenis B untuk laju curah hujan 100 mm/jam atau kemiringan lereng dibawah 2% seperti diberikan dalam Tabel 5.

**Tabel 4. Kelompok Tanah Hidrologi<sup>[4]</sup>**

Kelompok A	Tanah dengan potensi limpasan yang rendah dan potensi serapan yang tinggi bahkan dalam kondisi tersaturasi. Terdiri dari pasir atau kerikil tebal dan kering dengan laju transmisivitas air yang tinggi (lebih dari 0,30 inci/jam).
Kelompok B	Tanah dengan laju infiltrasi yang sedang dalam kondisi basah dan terdiri dari tanah yang cukup kering dengan kedalaman sedang dan memiliki tekstur yang halus hingga sedang. Tanah seperti ini memiliki laju transmisivitas air sedang (0,15 – 0,30 inci/jam).
Kelompok C	Tanah dengan laju infiltrasi yang rendah ketika basah dan terdiri dari tanah dengan lapisan yang menghalangi pergerakan air kebawah dan tanah dengan tekstur cukup halus hingga halus. Tanah jenis ini memiliki kemampuan transmisivitas yang rendah (0,05 – 0,15 inci/jam).
Kelompok D	Tanah dengan potensi limpasan tinggi. Laju infiltrasinya sangat rendah ketika basah dan terdiri dari tanah lempung dengan potensi swelling yang tinggi, tanah dengan tingkat air permukaan yang tinggi, tanah dengan lapisan lempung pada atau dekat permukaan, dan lapisan tanah yang berada pada material tak tembus air. Laju transmisivitas air pada tanah jenis ini sangat rendah (0 – 0,05 inci/jam).

**Tabel 5. Koefisien limpasan kelas “C” untuk daerah pertanian (Kelompok tanah B) <sup>[4]</sup>**

Kondisi tutupan dan hidrologis	Koefisien C untuk laju curah hujan sebesar:		
	25 mm/jam	100 mm/jam	200 mm/jam
Tanaman baris, kondisi buruk	0,63	0,65	0,66
Tanaman baris, kondisi baik	0,47	0,56	0,62
Tanaman bulir kecil, kondisi baik	0,38	0,38	0,38
Tanaman bulir kecil, kondisi baik	0,18	0,21	0,22
Padang alang-alang dan semak	0,29	0,36	0,39
Padang rumput	0,02	0,17	0,23
Hutan	0,02	0,10	0,15

Koefisien limpasan komposit diperoleh menggunakan persentase luasan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 dan koefisien limpasan pada Tabel 5 dan 6 masing-masing untuk intensitas curah hujan (I) 100 mm/jam dan kemiringan lereng 0-2% yang merupakan karakteristik umum daerah pemodelan dengan hasil seperti diberikan dalam Tabel 7.

**Tabel 6. Koefisien Limpasan untuk Rumus Rasional dan hubungannya dengan Kelompok Tanah Hidrologi (A,B,C,D) serta kemiringan tanah <sup>[5]</sup>**

Tata-guna Lahan	A			B			C			D		
	0-2 %	2-6 %	6%	0-2 %	2-6 %	6%	0-2 %	2-6 %	6%	0-2 %	2-6 %	6%
Lahan tanaman	0.08 a)	0.13	0.16	0.11	0.15	0.21	0.14	0.19	0.26	0.18	0.23	0.31
	0.14 b)	0.18	0.22	0.16	0.21	0.28	0.2	0.25	0.34	0.24	0.29	0.41
Semak-belukar	0.12	0.2	0.3	0.18	0.28	0.37	0.24	0.34	0.44	0.3	0.4	0.5
	0.15	0.25	0.37	0.23	0.34	0.45	0.3	0.42	0.52	0.37	0.5	0.62
Padang rumput	0.1	0.16	0.25	0.14	0.22	0.3	0.2	0.28	0.36	0.24	0.3	0.4
	0.14	0.22	0.3	0.2	0.28	0.37	0.26	0.35	0.44	30	0.4	0.5
Hutan	0.05	0.08	0.11	0.08	0.11	0.14	0.1	0.13	0.16	0.12	0.16	0.2
	0.08	0.11	0.14	0.1	0.14	0.18	0.12	0.16	0.2	0.15	0.2	0.25
Pemukiman 1/8 acre	0.25	0.28	0.31	0.27	0.3	0.35	0.3	0.33	0.38	0.33	0.36	0.42
	0.33	0.37	0.4	0.35	0.39	0.44	0.38	0.42	0.49	0.41	0.45	0.54
Pemukiman 1/4 acre	0.22	0.26	0.29	0.24	0.29	0.33	0.27	0.31	0.36	0.3	0.34	0.4
	0.3	0.34	0.37	0.33	0.37	0.42	0.36	0.4	0.47	0.38	0.42	0.52
Pemukiman 1/3 acre	0.19	0.23	0.26	0.22	0.26	0.3	0.25	0.29	0.34	0.28	0.32	0.39
	0.28	0.32	0.35	0.3	0.35	0.39	0.33	0.38	0.45	0.36	0.4	0.5
Pemukiman 1/2 acre	0.16	0.2	0.24	0.19	0.23	0.28	0.22	0.27	0.32	0.26	0.3	0.37
	0.25	0.29	0.32	0.28	0.32	0.36	0.31	0.35	0.42	0.34	0.38	0.48
Pemukiman 1 acre	0.14	0.19	0.22	0.17	0.21	0.26	0.2	0.25	0.31	0.24	0.29	0.35
	0.22	0.26	0.29	0.24	0.28	0.34	0.28	0.32	0.4	0.31	0.35	0.46
Daerah Industri	0.67	0.68	0.68	0.68	0.68	0.69	0.68	0.69	0.69	0.69	0.69	0.7
	0.85	0.85	0.86	0.85	0.86	0.86	0.86	0.86	0.87	0.86	0.86	0.88
Daerah Komersial	0.71	0.71	0.72	0.71	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
	0.88	0.88	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.9	0.89	0.89	0.9
Jalanan	0.7	0.71	0.72	0.71	0.72	0.74	0.72	0.73	0.76	0.73	0.75	0.78
	0.76	0.77	0.79	0.8	0.82	0.84	0.84	0.85	0.89	0.89	0.91	0.95
Ruang terbuka	0.05	0.1	0.14	0.08	0.13	0.19	0.12	0.17	0.16	0.16	0.21	0.28
	0.11	0.16	0.2	0.14	0.19	0.26	0.18	0.23	0.22	0.22	0.27	0.39
Lahan Parkir	0.85	0.86	0.87	0.85	0.86	0.87	0.85	0.86	0.85	0.85	0.86	0.87
	0.95	0.96	0.97	0.95	0.96	0.97	0.95	0.96	0.95	0.95	0.96	0.97

Keterangan: 1 acre = 0,4 hektar

a) koefisien limpasan untuk hujan dengan periode ulang kurang dari 25 tahun

b) koefisien limpasan untuk hujan dengan periode ulang 25 tahun atau lebih

Tabel 7. Hasil perhitungan koefisien limpasan komposit untuk 3 segmen sungai Balong

Balong 1	Area (m <sup>2</sup> )	Persentase	C
Hutan tanaman	8,408,430	27.2%	0.18
Hutan lahan kering sekunder	2,129,220	6.9%	0.18
Sawah	456,986	1.5%	0.38
Pertanian Lahan Kering dan Semak	19,881,845	64.4%	0.38
<b>Total</b>	<b>30,876,481</b>	<b>100.0%</b>	<b>0.31</b>
Balong 2			
Hutan tanaman	5,568,814	29.4%	0.18
Hutan lahan kering sekunder	2,319,530	12.2%	0.18
Pertanian Lahan Kering dan Semak	11,057,400	58.4%	0.38
<b>Total</b>	<b>18,945,744</b>	<b>100.0%</b>	<b>0.30</b>
Balong 3			
Hutan tanaman	4,729,150	43.3%	0.18
Sawah	6,198,301	56.7%	0.38
<b>Total</b>	<b>10,927,451</b>	<b>100.0%</b>	<b>0.29</b>

#### 2.4. Tahapan Pemodelan

Secara umum tahapan permodelan HEC RAS digambarkan pada bagan alir pada Gambar 2. Tahapan pemodelan atau simulasi aliran tunak satu dimensi (*one-dimensional steady flow*) dengan menggunakan HEC-RAS adalah sebagai berikut:

Tahapan data entri membutuhkan data yang terdiri dari informasi sistem sungai, potongan melintang sungai dan data struktur hidrolis. Dalam tahapan ini akan dihasilkan skematisasi sistem sungai yang akan dianalisis.

Kondisi batas disesuaikan dengan analisa hidrolis yang akan dilakukan yaitu berupa aliran subkritis, superkritis atau campuran. Dalam pekerjaan ini menggunakan aliran campuran, yaitu dengan kondisi batas sebagai berikut :

- Kondisi batas hilir, yaitu berupa ketinggian pasang air laut yang terjadi di daerah muara sungai.
- Kondisi batas internal berupa rating curve dengan periode ulang tertentu di beberapa ruas sungai yang menjadi pertemuan dengan sungai utama.

Setelah tahapan pemasukan data geometri sungai, data aliran dan data kondisi batas selesai, maka tahapan perhitungan hidraulik dapat dilakukan.

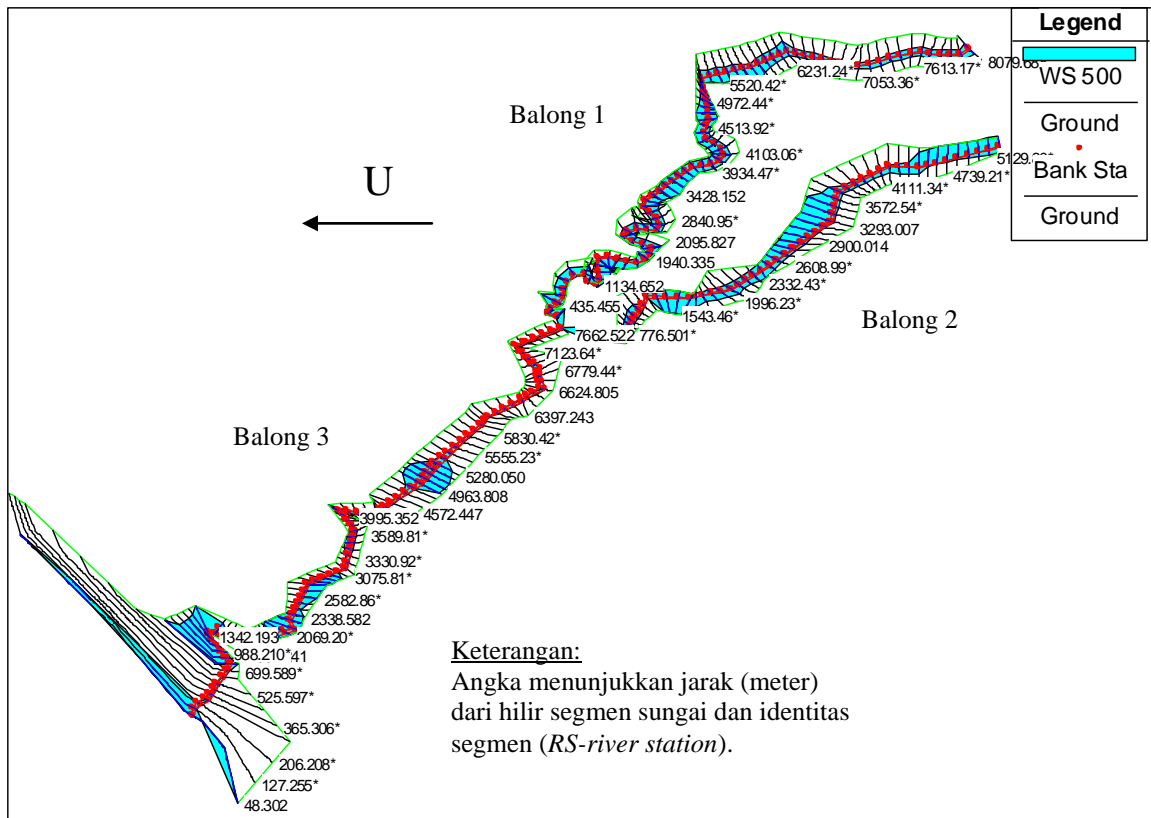
Dari tahapan perhitungan hidraulik akan dihasilkan keluaran berupa :

- Plot muka air pada setiap potongan melintang (*cross section*).
- Plot profil muka air.
- Tabel yang memberikan informasi debit, elevasi muka air, kecepatan arus, kemiringan saluran dan lain-lain.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan banjir sungai untuk curah hujan maksimum dengan periode ulang 500 tahun diberikan secara skematis pada Gambar 4 sedangkan peta kedalaman genangan diberikan pada Gambar 5.





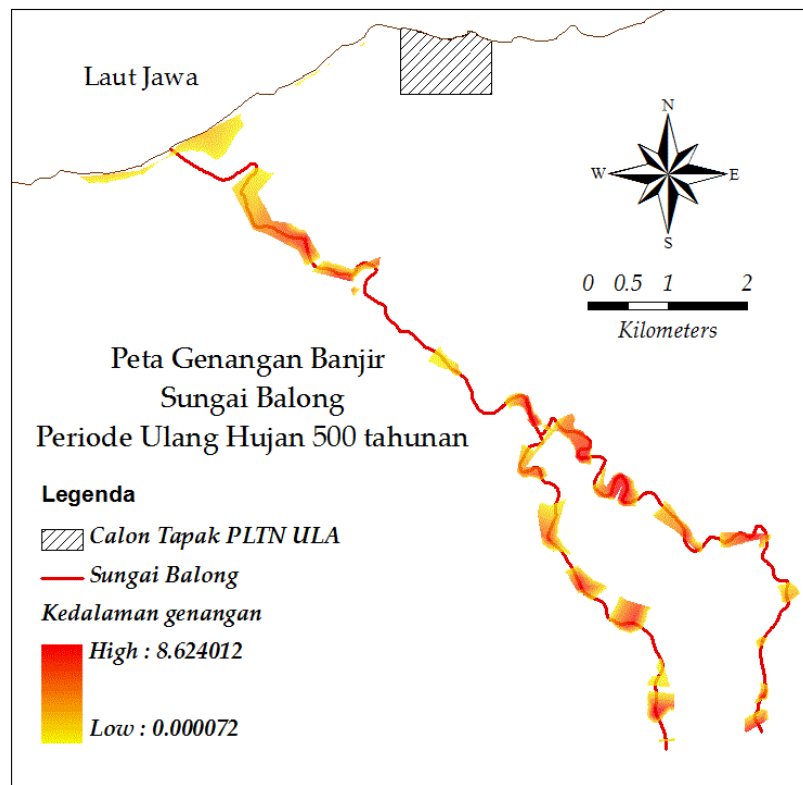
Gambar 4. Skematika daerah genangan banjir DAS Balong (500 tahunan)

Kecenderungan yang sama ditemukan pada parameter kedalaman genangan, dimana untuk daerah dekat tapak, kedalam air sungai pada titik terdalam mencapai tidak lebih dari 4,5 meter pada jarak lebih dari 1 kilometer dari batas tapak. Ketinggian genangan pada lokasi yang terdekat dengan tapak mencapai tidak lebih dari 1 meter (Gambar 5).

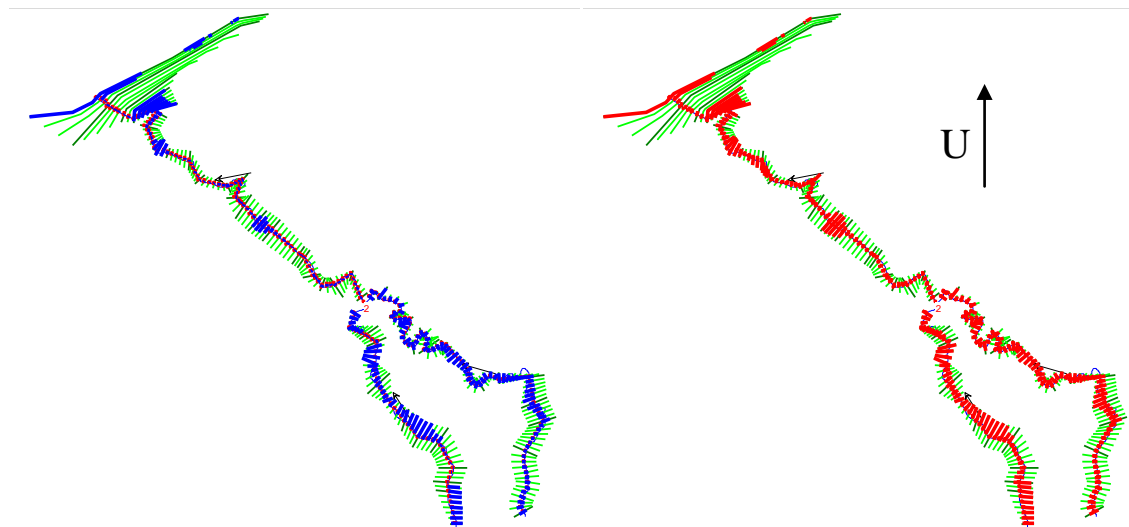
Ditinjau dari kecenderungan lokasi genangan pada sepanjang Sungai Balong berdasarkan curah hujan maksimum untuk periode ulang 50, 100, 200 dan 500 tahun pada kondisi tunak tidak ditemukan perbedaan yang mencolok (Gambar 6).

Kedalaman air sungai maksimum untuk curah hujan dengan periode ulang 500 tahun adalah 8,62 meter pada jarak lebih dari 5 kilometer disebelah selatan tapak, pada segmen Sungai Balong (Balong 1). Contoh profil penampang lintang untuk segmen Balong 3, stasiun 5066.66 diberikan pada Gambar 7. Perbedaan ketinggian air untuk curah hujan maksimum periode ulang 50 dan 500 tahun hanya berkisar 0,3 hingga 0,4 meter. Hal ini dapat disebabkan oleh laju limpasan yang rendah terkait dengan tingkat vegetasi yang masih cukup baik pada DAS Balong sehingga faktor retensi air masih cukup tinggi.

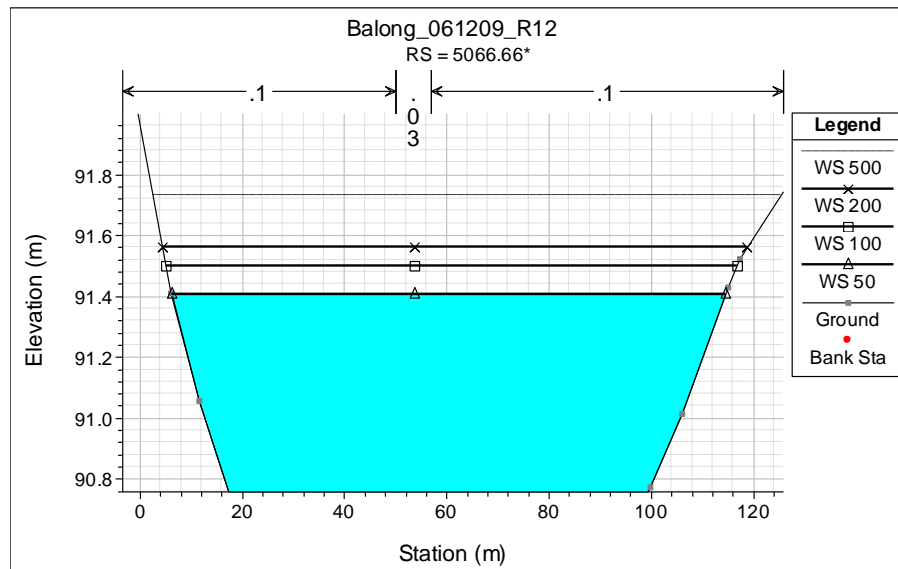
Debit air pada segmen Balong 3 yang memiliki jarak terdekat dengan tapak PLTN Ujung Lemahabang untuk curah hujan maksimum 50, 100, 200 dan 500 tahunan masing-masing adalah 5,46, 60,2, 65,47 dan 73,09 m<sup>3</sup>/detik. Pada segmen ini, kedalaman air maksimum terhitung 2,85 meter pada jarak 2152,6 meter dari muara sungai sedangkan kecepatan air maksimum adalah 3,78 m/detik pada jarak 1280,4 meter dari muara sungai.



Gambar 5. Peta kedalaman genangan (500 tahun)



Gambar 6. Skematika daerah genangan



**Gambar 7. Kedalaman genangan pada stasiun (RS) nomor 5066.66**

#### 4. KESIMPULAN

Hasil analisis banjir dari Sungai Balong di daerah calon tapak PLTN Ujung Lemahabang menunjukkan bahwa daerah genangan banjir akibat curah hujan maksimum untuk periode ulang terpanjang sebagai ukuran konservatif, yaitu 500 tahunan, tidak mencapai calon tapak PLTN Ujung Lemahabang. Daerah genangan pada daerah dekat pantai terdapat pada jarak lebih dari 1 km dari daerah tapak dengan kedalaman banjir kurang dari 1 meter. Daerah genangan juga ditemukan pada beberapa daerah hulu sungai yang disebabkan oleh kemiringan pada daerah tersebut yang relatif landai sehingga laju air menjadi tertahan dan melebar ke sisi sungai lainnya. Daerah-daerah genangan tersebut memiliki pengaruh yang sangat kecil ditinjau dari sisi keselamatan tapak karena lokasinya yang jauh serta tidak adanya potensi untuk mengalir kedalam daerah tapak.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. WILKS, DANIEL S., "Statistical Methods in the Atmospheric Sciences", Academic Press, 1995
- [2]. SUNARKO dkk., "Perhitungan Desain Basis Curah Hujan", Jurnal Pengembangan Energi Nuklir, Volume 5 No.1 & 2 Hal. 1-7, Jakarta. 2003.
- [3]. \_\_\_\_\_, HEC-GEORAS., "User Manual, An extension for support of HEC-RAS using ArcView", Version 3.1, US Army Corps of Engineer, Hydrologic Engineering Center, 2002.
- [4]. \_\_\_\_\_, HEC-RAS, "River Analysis System – User Manual", Version 4.0, US Army Corps of Engineer, Hydrologic Engineering Center, 2008.
- [5]. HORN D L, SCHWAB G O, "Evaluation of rational runoff coefficients for small agricultural watersheds", American Society for Agricultural Engineering (ASAE), Transactions of the ASAE 6(3): 195-8, 1963
- [6]. Mc CUEN R H, "Hydrologic Analysis and Design", Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 07458, 3rd edition, 2004. ISBN 0-13-142424-6.